Zeitschrift: Bulletin de l'Association suisse des électriciens

Herausgeber: Association suisse des électriciens

Band: 26 (1935)

Heft: 24

Artikel: Le raccordement des machines à souder à l'arc électrique

Autor: Wedenberg, W.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-1058492

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 27.11.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Parmi les avantages des cuisinières Pilum essayées, par rapport aux cuisinières ordinaires à plaques à chauffage direct, on peut mentionner:

1° Durée de cuisson plus brève pour l'ébullition des liquides.

2° Faible puissance raccordée (1000 W).

- 3° Réserve de chaleur en cas d'arrêt de la fourniture d'énergie.
- 4º Chauffe-eau à accumulation, évitant le montage d'un chauffe-eau spécial.
- 5° Réglage simple et progressif des diverses plaques de cuisson.

- 6° Réglage de la température du four par régulateur de température.
- 7° Possibilité d'utiliser le four comme armoire chaude, sans chauffage direct.

Le maniement du couvercle isolant des plaques de cuisson pourrait être rendu plus commode; en outre, la lampe veilleuse qui s'allume quand l'accumulateur de chaleur se chauffe, pourrait être remplacée avantageusement par un indicateur de température qui permettrait de reconnaître l'état de charge des récipients d'accumulation.

(Traduction M. Lacher, Genève.)

Le raccordement des machines à souder à l'arc électrique.

Par W. Werdenberg, Kilchberg.

621.311.152:621.791.735

Les conclusions de cet article sont les suivantes:

- l° Les transformateurs de soudure et les groupes convertisseurs ne peuvent pas être branchés à volonté sur les réseaux d'éclairage ou les réseaux mixtes (éclairage-force). A ce point de vue, les groupes convertisseurs sont plus favorables; leur éloignement par rapport à la sous-station de transformateurs peut atteindre le double de la distance admissible pour les transformateurs de soudure.
- 2º Le surcroit de charge occasionné aux installations de distribution d'énergie des centrales par les transformateurs de soudure monophasés n'est pas considérable; afin de permettre le branchement de nouveaux abonnés, l'énergie devrait également être fournie à ces transformateurs au tarif normal, sans supplément ou du moins avec un petit supplément seulement.
- 3° On aurait avantage de définir la puissance installée des machines à souder comme étant une partie de la puissance apparente maximum absorbée. Pour les machines à souder modernes, la puissance installée atteint 50 à 60 % environ de la plus forte puissance apparente absorbée, c'est-à-dire quand le courant de soudure est maximum.

Der vorliegende Aufsatz führt zu folgenden Schlussfolgerungen:

- I. Lichtbogenschweisstransformatoren und Schweissumformer dürfen nicht uneingeschränkt an Lichtnetze oder Licht-Kraftnetze (sogenannte Einheitsnetze) angeschlossen werden. Die Schweissumformer liegen gegenüber den Schweisstransformatoren günstiger; sie können in ungefähr der doppelt so grossen Entfernung von der Ortstransformatorenstation als die Schweisstransformatoren angeschlossen werden.
- 2. Die Mehrbelastung der Energieübertragungs-Einrichtungen der Werke durch Einphasen-Schweisstransformatoren ist nur gering; mit Rücksicht auf die Gewinnung von neuen Energieabnehmern sollten daher auch die Schweisstransformatoren zu den normalen Energiepreisen beliefert werden, und es solten keine oder dann nur kleine Zuschläge verlangt werden.
- 3. Der Anschlusswert von Schweissmaschinen wird mit Vorteil als Teil der maximal aufgenommenen Scheinleistung definiert. Bei den heute gebräuchlichen Schweissmaschinen beträgt der Anschlusswert ca. 50 bis 60 % der maximalen, d. h. beim grösstmöglichen Schweißstrom aufgenommenen Scheinleistung.

1° Introduction.

La soudure à l'arc électrique a fait au cours de ces dernières années des progrès considérables et supplante de plus en plus les assemblages par rivets, même dans les petites entreprises.

Dans la plupart des cas, le branchement d'une machine à souder constitue pour la petite industrie une sensible augmentation de l'énergie que lui fournissent les services de l'électricité. Jusqu'à présent, un ou deux petits moteurs, généralement branchés sur le réseau d'éclairage, étaient les seuls récepteurs de quelque importance. Dans ces régions de petite industrie, il n'existe généralement pas de réseau spécial pour la force motrice, aussi les services de l'électricité doivent-ils examiner, avant d'autoriser le branchement d'une machine à souder, si ce branchement est encore admissible sans dispositions spéciales sur le réseau d'éclairage ou le réseau mixte. Ceci dépend des chutes de tension et des variations de tension maxima admissibles provoquées par les machines à souder.

La majorité des abonnés utilisent un transformateur de soudure, qui charge toujours asymétriquement le réseau et produit des contraintes supérieures à celles d'un branchement triphasé symétrique de même puissance. Il y a donc lieu d'examiner par quels tarifs on peut éventuellement tenir compte de cette contrainte supplémentaire.

Pour les petits abonnés, le prix facturé pour l'énergie dépend souvent de la puissance installée du récepteur. Il est donc important que la puissance installée soit déterminée selon les mêmes principes pour tous les types de machines à souder. On essayera dans ce qui suit d'établir des règles valables d'une façon générale pour la détermination de la puissance installée.

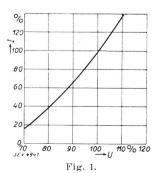
2° Chutes de tension et variations de tension maxima admissibles.

La machine à souder et tous les autres appareils branchés sur la même ligne ne doivent pas provoquer une chute de tension plus grande que celle admissible pour les autres appareils récepteurs. Dans un réseau de distribution général à basse tension, les lampes sont dans la règle les récepteurs les plus sensibles. La figure 1 montre la relation qui existe entre la tension et l'intensité lumineuse des lampes à filament métallique utilisées de nos jours. Ce diagramme a été relevé sur des lampes à filament spiralé simple et à filament spiralé double de 40 à 150 W, resp. de 40 à 150 Dlm. Il n'a pu être constaté d'écarts dans les variations

d'intensité lumineuse entre des lampes de différents types. Ce diagramme est donc valable pour tous les types de lampes entrant en ligne de compte dans l'examen en question. Selon la figure 1, une chute de tension de 5 % correspond déjà à une diminution d'intensité lumineuse de 15 % environ. Dans les installations de distribution où la chute de tension des lignes à haute tension est plus ou moins compensée par le choix des rapports de transformation des transformateurs, la chute de

variation (variation brusque ou progressive), on a examiné tout d'abord le genre des variations de tension provoquées par les transformateurs et les groupes convertisseurs de soudure. Dans ce but, on a relevé la variation du courant absorbé par les machines à souder lors du passage de la marche à vide à la pleine charge. Les figures 2 à 5 montrent quelques-uns des oscillogrammes relevés.

La figure 2 indique la variation du courant d'un transformateur à tension constante aux bornes du



Variation de l'intensité lumineuse (I) de lampes à filament métallique, en fonction de la tension (U). neuse (I) d métallique,

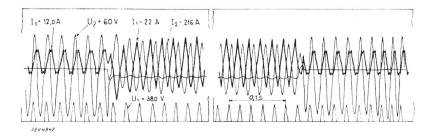


Fig. 2. Variation du courant d'un transformateur de soudure, la tension aux bornes du primaire étant constante.

tension dans le réseau à basse tension ne devrait en aucun cas dépasser 5 % environ. Ces chutes de tension peuvent être maintenues sans difficulté entre des limites admissibles par la compensation des machines à souder (montage de condensateurs).

Les rapides variations de la chute de tension provoquées par la soudure ne doivent toutefois pas dépasser une valeur telle qu'elles troublent le fonctionnement des autres objets raccordés, surtout celui des lampes qui sont également très sensibles à ce point de vue. L'influence des variations de tension sur l'éclairage est déterminée dans ce cas par les impressions subjectives des usagers. Pour primaire, lorsqu'on met ce transformateur en courtcircuit. La figure 3 indique la variation du courant absorbé par un groupe de soudure, la tension aux bornes du moteur étant constante, lorsqu'on passe de la marche à vide au régime qui correspond au maximum de courant absorbé par le moteur, et qui se présente généralement au court-circuitage du circuit secondaire. La figure 4 indique la variation du courant pour ce même essai, mais sous une tension qui varie avec la charge. La figure 5 montre la variation du courant d'une machine d'un autre type, la tension aux bornes du moteur étant constante.

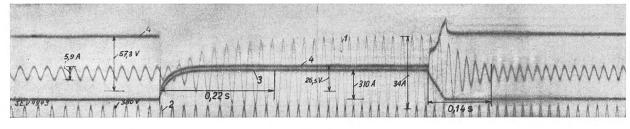


Fig. 3.

Variation du courant d'un groupe convertisseur de soudure, la tension aux bornes du moteur étant constante, lors de la variation de la charge (résistance ohnique) entre la marche à vide et la mise en court-circuit.

Groupe convertisseur Brown Boveri, 7 kW: 1 Courant du moteur: 2 Tension du moteur; 3 Courant de la génératrice;

1 Tension de la génératrice.

constater quelles sont les valeurs perturbatrices, les Services électriques du Canton de Zurich ont procédé, en même temps qu'à l'examen des installations de soudure, à des essais de variations d'éclairage de différentes grandeurs et de différents genres avec l'aide d'un grand nombre d'usagers1).

Ces essais ayant montré que non seulement la rapidité et la grandeur des variations de la tension ont une importance, mais également le genre de

On constate qu'avec les transformateurs de soudure la variation du courant est instantanée, tandis qu'elle est progressive et ne provoque aucune surintensité avec les groupes convertisseurs de soudure. La durée d'équilibrage dépend non seulement des caractéristiques de l'appareil, mais également de celles du réseau fournissant l'énergie; elle est d'autant plus grande que la chute de tension provoquée par la charge est plus importante. En pratique, on doit tabler sur une durée d'équilibrage de 0,2 à 0,5 seconde environ.

¹⁾ Ces essais et leurs résultats sont décrits dans le Bull. ASE, 1935, N° 21, p. 609.

Les essais mentionnés au sujet des variations d'intensités lumineuses admissibles ont permis de constater que les brusques variations de tension d'une durée de 0,5 à 1 minute environ et d'une grandeur d'environ 3 % de la tension nominale peuvent donner lieu à des réclamations de la part des usagers. Pour le branchement de transformateurs de soudure provoquant des variations de ce genre, la variation de tension admissible ne doit donc pas dépasser 3 % Les autres examens relatifs

La variation de tension ne dépendant que de la variation des courants actifs et réactifs, et non pas de leurs valeurs absolues, les récepteurs en parallèle avec une installation de soudure n'ont aucune influence sur les variations de tension provoquées par la soudure à l'arc électrique. Pour cette même raison, les variations de tension ne peuvent pas être non plus diminuées par le montage de condensateurs servant à améliorer le facteur de puissance de la machine à souder. Il s'ensuit, pour les trans-

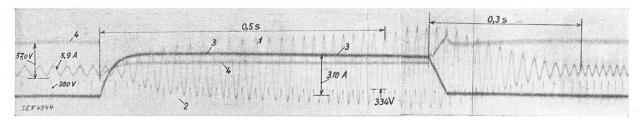


Fig. 4.

Comme pour la figure 3, mais avec une tension du moteur variant avec la charge.

à l'admissibilité des groupes convertisseurs de soudure doivent avoir une portée générale; il faut donc tabler sur une durée d'équilibrage de la chute de tension d'environ 0,2 seconde, valeur la plus défavorable. Selon les essais mentionnés, la variation de tension admissible est alors d'environ 3 %, c'est-à-dire comme dans le cas des transformateurs de soudure.

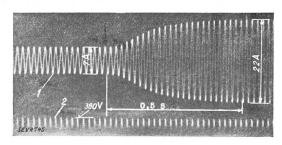


Fig. 5.

Comme pour la figure 3, mais pour un groupe d'une autre fabrication. De marche à vide à pleine charge (courant continu 240 A).

3° Distances admissibles entre les installations de soudure

et les sous-stations de transformateurs.

La variation de tension provoquée par les installations de soudure dépend en première ligne de l'impédance entre le récepteur et la source d'énergie. Dans le cas considéré, où il ne s'agit que de faibles variations de tension, on peut admettre comme source d'énergie le primaire du transformateur dans la sous-station locale de transformateurs. L'impédance totale entrant en ligne de compte se compose donc de celle du transformateur local et de celle de la ligne, qui est proportionnelle à la longueur de la ligne. Pour une variation de tension maximum admissible donnée, on peut ainsi calculer la longueur maximum admissible de la ligne pour différentes puissances du transformateur local et différentes sections des fils de la ligne.

formateurs, que seule la variation du courant secondaire de soudure entre en ligne de compte pour la variation de tension, car les courants de magnétisation et de fuite sont à peu près constants à toutes les charges.

a) Transformateurs de soudure.

L'éclairage étant branché sur la tension de phase, la variation de tension entre phase et neutre ne doit pas dépasser 3%, comme on vient de le voir. En outre, il y a lieu de remarquer que les transformateurs de soudure sont généralement branchés sur la tension composée. Les caractéristiques de la tension sont relevées sur la figure 6, en tenant compte de ce qui précède et des suppositions suivantes:

- 1º Le transformateur de soudure est branché entre les phases R et S.
- 2° Le décalage entre le courant et la tension composée est tel que cos $\varphi \sim 0.5$, ce qui correspond approximativement au cas pratique.

La figure 6 montre que les chutes de tension et, par suite les variations de tension, n'ont pas la même grandeur dans les deux phases du branchement en monophasé. Pour déterminer la longueur maximum admissible de la ligne, il faut en effet se baser sur le cas le plus défavorables. La chute de tension et par conséquent la variation de tension sont plus grandes dans la phase R en avance, que dans la phase S.

La chute de tension E_R pour une charge quelconque est donnée d'une façon générale par l'expression

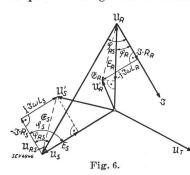
$$E_R = I \cdot R \cos \varphi_R + I \omega L \sin \varphi_R$$
.

La variation de tension ΔE_R , qui se présente lors du passage d'un régime à un autre, est égale à la différence entre les chutes de tension provoquées par les deux régimes. Les variations maxima de la tension se produisant lors des variations maxima

de ΔE_R , on a:

 $\Delta E_s =$

de la charge (c'est-à-dire entre la marche à vide et la pleine charge ou inversément) et le courant à



transformateur

est alors égale à

vide n'ayant aucune influence sur la va-

riation de la tension, comme on l'a vu précédemment, et en admettant que dans l'expression ci-dessus le courant à pleine charge soit le courant maximum de soudure, la varia-tion de la tension

donnant l'équation selon l, on obtient:

tension, c'est-à-dire que

$$\Delta E_R := I (R \cos \varphi_R + \omega L \sin \varphi_R),$$

- où I est le courant maximum de soudure. Introduisant les désignations suivantes:
- P_T Puissance du transformateur local, en VA,
- P_S Puissance maximum de soudure du transformateur de soudure, en VA,

de soudure

la chute de

- Tension de phase du réseau d'alimentation en V,
- Rapport entre les pertes dans le cuivre à pleine charge du transformateur local et la puissance du transformateur,
- Rapport entre la chute de tension inductive du transformateur local et la tension nominale,
- Variation admissible de la tension en pour-cent die la tension nominale U,
- Résistance ohmique par phase du transformateur local,
- Résistance inductive par phase du transformateur local,
- Résistance ohmique par phase et par mètre de la ligne d'amenée,
- Résistance inductive par phase et par mètre de la ligne d'amenée,
- Longueur de la ligne (distance de la sousstation) en mètres, on a

$$egin{array}{lll} \mathbf{1}^0 & \Delta E_R = \mathcal{Z} \cdot U \ \mathbf{2}^0 & I = rac{P_S}{\sqrt{3} \cdot U} \ \mathbf{3}^0 & R = l \cdot r + arrho \end{array}$$

ou, en exprimant e par les pertes dans le transformateur local:

$$R = l \cdot r + c \, rac{3 \,\, U^2}{P_T}$$
 $\omega \, L = l \cdot y + \eta$

ou, en exprimant η par la chute de tension inductive du transformateur local:

Pour les grandeurs φ_{RS} , y, c et k, on introduit les grandeurs qui se présentent dans la pratique. Le facteur de puissance au secondaire des transformateurs de soudure est environ 0,5; on a donc cos φ_{RS} = 0,5. La résistance inductive est à peu près la même pour toutes les lignes à basse tension en question et atteint la valeur de 0,3 ohm/km environ; on a donc $\gamma = 0.3 \cdot 10^{-3} \Omega/m$. Les pertes dans le cuivre à pleine charge d'un transformateur sont en moyenne de 2,5 % environ; on a donc c = 0.025. La tension de court-circuit des transformateurs est généralement de 4,5% environ; on a donc k ~ 0,045. Dans ces conditions, l'équation exprimant la longueur admissible de la ligne en mètres est donc:

 $\omega L = l \cdot y + k \, \frac{3 \, U^2}{P_T}$

En insérant ces quatre expression dans l'équation

 $\frac{P}{3U} \left\{ \left(l \cdot r + c \frac{3U^2}{P_T} \right) \cos \varphi_S + \left(l \cdot y + k \frac{3U^2}{P_T} \right) \sin \varphi_S \right\}$

En tenant compte que $\varphi_R = \varphi_{RS} - 30^{\circ}$, et en or-

$$l=rac{U^2}{r+0,173}\Big(rac{2\ arepsilon}{P_S}-rac{0,15}{P_T}\Big),$$

si r est exprimé en Ω/km et P_S et P_T le sont en KVA. Le tableau I indique les distances maxima admissibles en mètres entre la sous-station de transformateurs et l'installation de soudure, pour une variation de tension admissible de 3 % et pour différentes tensions nominales, sections de conducteurs, puissances de transformateurs locaux et puissances de soudure courantes. Ainsi, un transformateur de soudure d'une puissance secondaire de 10 kVA ne peut être branché sur un réseau de 380/220 V avec fils de 8 mm et puissance du transformateur de 80 kVA, qu'à une distance de 375 mètres au maximum de la sous-station de transformateurs. Ce tableau montre en outre qu'une augmentation de la puissance des transformateurs de la sous-station supérieure à 100 kVA n'apporte pratiquement aucune amélioration dans les conditions de la tension et qu'ainsi l'on ne peut pas admettre à volonté le branchement de transformateurs de soudure sur un réseau à tension normale de 380/220 V.

Lorsqu'il est nécessaire de brancher des transformateurs de soudure à des distances plus grandes que celles mentionnées ci-dessus, on est obligé de bloquer la fourniture de l'énergie pendant les principales heures d'éclairage, afin de tenir compte des

Distance maximum admissible en mètres entre le transformateur de soudure et la sous-station de transformateurs, lorsque la variation de tension maximum admissible est de 3 %.

Tableau I.

		,											bleau 1.	
Fil	Puissance			250/145	volts					380/22	0 volts			
Ø	maximum de soudure	Puissance nominale du transformateur local, en kVA												
$\mathbf{m}\mathbf{m}$	kVA	20	40	60	80	10 1	120	20	40	60	80	100	120	
8	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	900 300 100 0	1055 450 250 150 95 45 25 5	1100 500 300 195 140 95 70 50 30 20	1125 520 325 220 160 115 95 75 55 45	1150 540 350 245 185 140 115 100 70 60	1160 560 360 255 195 150 130 110 80 70	2080 695 240 0	2430 1040 590 350 215 105 50 10	2540 1150 695 455 320 210 160 120 75 45	2590 1200 750 510 375 265 215 175 130 100	2640 1250 800 560 450 320 265 210 165 140	2670 1280 820 590 455 345 295 230 185 155	
5,5	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	520 170 60 0	610 260 145 85 55 25 15	635 290 175 115 80 55 40 30 20	650 300 190 125 95 65 55 45 30 25	665 315 200 140 105 80 65 55 40 35	670 320 210 150 115 85 75 60 45 40	1200 400 140 0	1400 600 340 200 125 60 30 5	1460 660 400 260 185 125 90 70 45 25	1500 690 430 290 215 155 125 105 75 60	1550 725 460 325 245 185 155 125 100 80	1560 740 480 340 260 200 170 135 110 95	
4	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	300 100 35 0	350 150 85 50 30 15 10	365 170 100 65 45 30 25 20 10	375 175 110 75 55 40 30 25 20	380 180 115 80 60 45 40 30 25 20	385 185 120 85 65 50 40 35 25	695 230 80 0	810 345 195 115 70 35 20	845 380 230 150 105 70 55 40 25	860 400 250 170 125 90 70 60 45 35	880 425 265 185 140 105 90 70 55 45	890 425 275 195 150 115 100 75 60 50	

abonnés à l'éclairage, ou bien de limiter la puissance de soudure. Ce dernier moyen n'étant pas toujours d'une exécution facile, on devra généralement avoir recours à l'installation d'un interrupteur de blocage. Toutefois, même dans ce cas, la variation de tension admissible n'est pas illimitée. Afin de tenir compte des autres abonnés, elle ne devrait pas dépasser 5 à 10 %.

Le tableau II indique les distances maxima qui sont possibles pour une variation de tension maximum admissible de 6 %.

b) Groupes convertisseurs de soudure.

Les groupes convertisseurs de soudure triphasés chargent symétriquement toutes les trois phases; les variations de tension sont donc identiques pour les trois phases, de sorte que les considérations suivantes peuvent se borner à une seule phase.

Si l'on désigne par

- U la tension de phase du réseau d'alimentation, en V,
- I le courant absorbé par le groupe convertisseur, en A,
- I_a et I_r , la composante active, resp. la composante réactive du courant I,
- φ le déphasage du courant absorbé,

- E la chute de tension provoquée par le groupe convertisseur, en V,
- ΔE la variation de tension lors du passage du régime de charge 1 au régime 2, en V,
- ε la variation de tension maximum admissible en % de la tension nominale U,
- e la résistance ohmique par phase du transformateur local,
- η la résistance inductive par phase du transformateur local,
- c le rapport entre les pertes dans le cuivre à pleine charge du transformateur local et la puissance du transformateur,
- k le rapport entre la chute de tension inductive du transformateur local et la tension nominale,
- r la résistance ohmique par phase et par mètre de l'amenée de courant,
- y la résistance inductive par phase et par mètre de l'amenée de courant,
- la longueur de la ligne d'amenée ou la distance entre l'installation de soudure et la sous-station de transformateurs, en mètres,
- P_M la puissance absorbée maximum du moteur du groupe convertisseur, en kVA,
- P_T la puissance nominale du transformateur local, en VA,

Distance maximum admissible en mètres entre le transformateur de soudure et la sous-station de transformateurs, lorsque la variation de tension maximum admissible est de 6 %.

Tableau II.

Fil	Puissance maximum de soudure			250/145	volts					380/22	0 volts			
Ø			Puissance nominale du transformateur local, en kVA											
mm	kVA	20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120	
8	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	2110 910 505 300 180 100 40 0	2260 1060 655 455 335 255 195 155 120 95	2310 1110 705 505 380 300 240 200 170 140	2340 1140 730 530 405 325 265 225 195 165	2350 1150 745 545 425 340 280 240 210 180	2360 1155 755 550 430 350 290 250 215 190	4860 2080 1160 695 415 230 90 0	5210 2440 1510 1045 765 580 445 350 280 215	5320 2550 1620 1550 880 695 555 460 390 325	5380 2600 1675 1210 935 750 610 520 445 380	5420 2640 1710 1250 975 785 650 555 480 415	5430 2660 1730 1270 1010 805 665 575 500 435	
5,5	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	1225 525 290 175 105 60 25	1315 615 380 265 195 145 110 90 70 55	1340 640 410 290 220 175 140 115 100 80	1355 655 420 305 235 190 155 130 110 95	1365 665 430 315 245 200 165 140 120 105	1370 670 435 320 250 205 170 145 125 110	2860 1230 680 410 245 135 55 0	3055 1435 890 615 455 345 260 210 165 125	3120 1500 955 680 520 410 325 275 230 190	3160 1535 990 715 550 440 360 310 260 225	3180 1560 1010 735 570 460 380 330 285 245	3200 1570 1020 750 585 475 395 340 295 255	
4	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	700 300 165 100 60 35 15	750 350 215 150 110 85 65 50 40 30	765 365 235 165 125 100 80 65 55 45	775 375 240 175 135 110 90 75 65 55	780 380 250 180 140 115 95 80 70 60	780 380 250 180 140 115 95 80 70 60	1610 690 385 230 140 80 30	1730 810 500 345 255 195 145 115 90 70	1770 845 535 385 290 230 185 155 130 110	1785 860 555 400 310 250 205 170 145 125	1800 875 570 415 320 260 215 185 160 140	1805 880 575 420 325 265 220 190 165 145	

la chute de tension entre phase et neutre s'exprime d'une façon générale par:

$$E = I_a (l \cdot r + \varrho) + I_r (l \cdot y + \eta)$$

et la variation de tension provoquée par les le passage du régime de charge 1 au régime 2:

$$\Delta E = E_1 - E_2 = (I_{\sigma_1} - I_{\sigma_2}) (l \cdot r + \varrho) + (I_{r_1} - I_{r_2}) (l \cdot \gamma + \eta)$$

Si les courants dans les deux régimes de charge sont exprimés en parties du courant maximum I du moteur du groupe convertisseur, soient $I_1 = aI$ et $I_2 = \beta I$, l'expression devient:

$$\Delta E = I \left[\left(\alpha \cos \varphi_1 - \beta \cos \varphi_2 \right) \left(l \cdot r + \varrho \right) + \left(\alpha \sin \varphi_1 - \beta \sin \varphi_2 \right) \left(l \cdot \gamma \eta \right) \right]$$

En exprimant alors le courant I par la puissance maximum P_M , la résistance ohmique ϱ par les pertes dans le cuivre c, et la résistance inductive η par la tension de court-circuit k:

$$I = rac{P_{\scriptscriptstyle M}}{3 \; U} \; ; \; arrho = c \; rac{3 \; U^2}{P_{\scriptscriptstyle T}} ; \; \eta = k rac{3 \; U^2}{P_{\scriptscriptstyle T}} ,$$

on a, en ordonnant selon l l'expression ΔE :

$$l=3~U^2 \cdot rac{rac{arepsilon}{P_{\scriptscriptstyle M}} - (lpha\cosarphi_1 - eta\cosarphi_2) rac{c}{P_{\scriptscriptstyle T}} - (lpha\sinarphi_1 - eta\sinarphi_2) rac{k}{P_{\scriptscriptstyle T}}}{(lpha\cosarphi_1 - eta\cosarphi_2) \, r + (lpha\sinarphi_1 - eta\sinarphi_2) \, y}$$

Cette expression peut être simplifiée pour les besoins pratiques, en tenant compte des considérations suivantes:

- 1º Pour toutes les lignes à basse tension en question, la résistance inductive y est à peu près la même, soit 0,3 ohm/km environ;
- 2° Les pertes dans le cuivre c à pleine charge du transformateur atteignent environ $2,5^{\circ}$;
- 3° La tension de court-circuit atteint environ 4,5 %, donc $k \sim 4,5$ %;
- 4º La variation de tension la plus forte à considérer se présente lors du passage de la marche à vide à la puissance maximum de soudure, qui s'établit généralement lorsque le courant de soudure atteint sa valeur maximum. La variation de tension qui se produit au démarrage du groupe convertisseur n'entre pas en ligne de compte dans ce cas, car le démarrage n'a lieu qu'une seule fois pour une longue durée, tandis que la puissance de soudure varie constamment et fortement à brefs

Distance maximum admissible en mètres entre le convertisseur de soudure et la sous-station de transformateurs, lorsque la variation de tension maximum admissible est de 3 %.

Tableau III

Fil	Puissance absorbée maximum			250/145	volts	10000				380/22	0 volts		eau III.
Ø		Puissance nominale du transformateur local, en kVA											
mm	kVA	20	40	60	80	100	120	20	40	60	80	100	120
8	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	1990 820 425 220 110 30	2170 990 600 395 285 205 140 110 80 45	2240 1050 660 455 345 270 205 175 140 110	2260 1085 690 490 375 300 235 205 175 140	2280 1110 710 505 395 315 250 220 190 155	2300 1120 725 520 410 330 265 235 205 175	4100 1890 980 510 250 75	5000 2290 1380 910 650 470 325 255 180 110	5150 2430 1520 1050 800 620 470 400 325 255	5200 2500 1600 1120 870 690 545 470 400 325	5250 2540 1630 1160 910 725 580 510 435 360	5300 2570 1670 1200 945 760 620 545 470 400
5,5	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	1130 455 240 125 65 15	1235 565 340 225 160 115 80 65 45 25	1270 600 375 260 195 150 115 100 80 65	1290 620 395 275 215 170 135 115 100 80	1310 625 405 285 225 180 145 125 105 90	1315 635 410 295 235 190 150 135 115 100	2620 1070 555 290 145 40	2840 1300 785 515 370 270 185 145 105 60	2920 1380 865 600 455 350 270 225 185 145	2965 1420 905 640 495 390 310 270 225 185	2980 1440 930 660 515 410 330 290 245 205	3000 1460 950 680 535 430 350 310 270 225
4	2 4 6 8 10 12 14 16 18 20	645 265 135 70 35 10	700 320 195 125 90 65 45 35 25	720 340 215 145 110 85 65 55 45 35	730 350 225 155 120 95 75 65 55	740 355 230 165 125 100 80 70 60 50	745 360 235 170 130 105 85 75 65	1485 610 315 165 80 25	1615 735 445 290 210 150 105 80 60 35	1660 785 490 340 255 200 150 130 105	1685 805 515 360 280 220 175 150 130	1695 820 525 375 290 235 185 165 140	1710 830 440 385 305 245 200 175 150

intervalles. Or, comme on l'a vu au chapitre 2, ce sont surtout les variations rapides qui se font désagréablement sentir. En général, le courant à vide atteint le 15 % environ du courant maximum absorbé. Ce chiffre dépend toutefois du type de machine, de sorte que les valeurs des distances admissibles déterminées ci-après ne sont pas valables pour tous les cas; mais, du fait que les différences entre les types de machines ne sont pas très considérables, ces valeurs donnent une idée assez juste sur l'admissibilité du branchement des groupes convertisseurs de soudure.

Dans les calculs suivants, on table donc sur $\alpha=0.15$ et $\beta=1$. Pour les groupes convertisseurs modernes, le facteur de puissance à vide cos $\varphi_1=0.3$ et à pleine charge cos $\varphi_2=0.35$ environ. La puissance maximum n'est pas identique à la puissance nominale; on verra au chapitre 5 qu'il n'existe même pas de relation bien déterminée entre la puissance nominale et la puissance maximum. La longueur maximum de la ligne ne peut donc pas être relevée en fonction de la puissance nominale du groupe convertisseur.

La distance maximum admissible est ainsi approximativement:

$$l = \frac{3 \ U^2}{0.8 \ r + 0.12} \left(\frac{\varepsilon}{P_{\scriptscriptstyle M}} - \frac{0.046}{P_{\scriptscriptstyle T}} \right),$$

lorsque r est exprimé en Ω/km et que P_M et P_T le sont en kVA.

Le tableau II indique les distances maxima admissibles pour une variation de tension admissible de 3 %. Ainsi, un groupe convertisseur absorbant une puissance maximum de 12 kVA branché sur un réseau à 380/220 volts avec fils de 8 mm et puissance de transformateur de 40 kVA, peut encore être branché à une distance de 470 mètres de la sous-station de transformateurs.

Dans ce cas également, une augmentation de la puissance du transformateur local de plus de 100 kVA ne permet pas d'améliorer sensiblement les conditions de la tension.

Lorsqu'il est nécessaire de brancher des groupes convertisseurs de soudure sur un réseau d'éclairage ou sur un réseau mixte à des distances plus grandes que celles indiquées au tableau II, on peut rendre possible le branchement par l'un des deux moyens suivants. On peut bloquer la fourniture du courant pendant les heures d'éclairage, comme dans le cas des transformateurs de soudure, ou bien prévoir un groupe convertisseur construit de telle

sorte que l'équilibrage de sa variation de tension soit meilleur, ce qui permet d'admettre alors des variations de tension un peu plus grandes, ainsi qu'il ressort des essais déjà mentionnés.

Si l'on compare les distances admissibles avec celles qui sont valables pour les transformateurs de soudure, on remarque que le raccordement des groupes convertisseurs est possible dans une plus grande étendue. Les distances maxima admissibles pour les groupes convertisseurs sont environ le double de celles admissibles pour les transformateurs de soudure.

Ces distances ne sont toutefois pas utilisables sans autre en pratique, car elles ont été déterminées en se basant sur différentes caractéristiques dépendant du type de machine. Avant de refuser un branchement, il sera donc nécessaire de vérifier tout d'abord les caractéristiques des machines proposées.

4° Influence des charges monophasées sur les réseaux triphasés.

Les branchements en monophasé de transformateurs de soudure provoquent dans le réseau triphasé une charge asymétrique; la capacité de charge maximum des transformateurs locaux et des lignes de distribution en est alors réduite, c'est-àdire que, pour un même échauffement du transformateur et une même chute de tension, la charge symétrique en kVA peut être plus forte que la charge asymétrique. On prétend assez souvent que ce désavantage peut être supprimé par l'emploi d'un diviseur de tension, aussi semble-t-il nécessaire de rappeler ici brièvement que le diviseur de tension ne permet pas de gagner quoi que ce soit sur la capacité de charge, la chute de tension ou les pertes. L'inutilité d'un branchement en triphasé d'un transformateur monophasé a été prouvée très simplement par K. Widmann dans E. u. M. 1933, nº 28. En outre, H. Hafner a étudié en détail le branchement par diviseur de tension dans le Bull. ASE 1933, nº 1, et a montré également que l'influence de la charge asymétrique sur les récepteurs en parallèle est très peu considérable; on ne tiendra donc pas compte ici de ces dernières influences.

Il s'agit d'examiner quelle est la puissance triphasée en kVA qui correspond à la puissance en monophasé, pour que les transformateurs et les lignes soient soumis aux mêmes contraintes dans les deux cas de charge. Cet examen ne portant pas sur une charge asymétrique d'ordre général, mais bien sur une charge composée d'une charge triphasée symétrique et d'une charge en monophasé, il suffit d'examiner le cas où deux courants du réseau triphasé ont toujours la même valeur. Pour simplifier la solution de ce problème, on admettra en outre que les facteurs de puissance de la charge triphasée et de la charge en monophasé ont la même valeur. Ce faisant, le résultant ne sera pas faussé en faveur de la charge asymétrique, car cette supposition se base sur le plus fort courant | La figure 7 montre le rapport entre x et y. On

possible et sur les plus grandes pertes possibles dans l'installation de distribution.

a) Capacité de charge en tenant compte des pertes.

Il s'agit de déterminer quelle est la puissance triphasée qui correspond à la charge en monophasé, pour que les pertes soient les mêmes en cas de charge symétrique qu'en cas de charge asymétrique. Les pertes déterminent avant tout la capacité de charge des transformateurs, car celle-ci est limitée par l'échauffement maximum admissible. Pour déterminer le rapport entre la puissance triphasée et la puissance en monophasé, la sollicitation du transformateur étant la même dans les deux cas, on supposera que le transformateur peut être également chargé jusqu'à atteindre les pertes totales maxima admissibles, en cas de charge asymétrique. Quoique cela ne soit pas possible en réalité, le résultat calculé en partant de cette supposition fournit quand même une indication approximativement correcte sur l'influence des charges en monophasé.

Dans ces calculs, on indiquera par

la charge symétrique en kVA,

 $P_{\mathcal{A}}$ la part triphasée de la charge asymétrique,

P ~ la part monophasée de la charge asymétrique, en kVA,

les courants,

la résistance ohmique par phase du dispositif de distribution,

 P_{v} les pertes totales de l'installation de distribution.

$$x = \frac{P_{\sim}}{P_{\Delta}}$$

 $y = \frac{P - P_{\Delta}}{P_{\infty}}$ le surcroît de charge dû au branche-

ment en monophasé, par rapport à un branchement purement triphasé.

En cas de charge symétrique, les pertes totales dépendant du genre de la charge sont

$$P_{\nu} = 3 I^2 \cdot \rho$$

et, en cas de charge asymétrique,

$$P_{v} = 2 (I_{\Delta} + I_{\sim})^{2} \cdot \varrho + I_{\Delta}^{2} \cdot \varrho$$

Les pertes pour les deux genres de charges devant avoir la même valeur, on a

$$3I^2 = 2(I_{\Delta} + I_{\sim})^2 + I_{\Delta}^2.$$

En remplaçant les courants par les puissances, cette expression devient

$$P^2 = 2\left(\frac{P_{\mathcal{A}}}{\sqrt{3}} + P_{\sim}\right)^2 + \frac{P_{\mathcal{A}}^2}{3}$$

Enfin, en introduisant x et y, on a

$$y = \frac{\sqrt{2\left(\frac{1}{\sqrt{3}} + x\right)^2 + \frac{1}{3}} - 1}{x}$$

constate qu'au point de vue des pertes et de la capacité de charge du transformateur, le branchement en monophasé équivaut pratiquement à un branchement triphasé d'une valeur égale à environ 1,25 fois celle du branchement en monophasé.

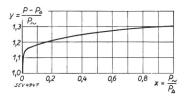


Fig. 7.

b) Capacité de charge en tenant compte de la chute de tension.

Il s'agit de déterminer quelle est la puissance triphasée qui correspond à la puissance monophasée, pour que la chute de tension ait la même valeur en cas de charge symétrique et de charge asymétrique.

La chute de tension détermine avant tout la capacité de charge des lignes.

En complétant les désignations introduites au chapitre a) par les suivantes:

E = Chute de tension,

Z = Impédance de l'installation de distribution, la valeur absolue de la chute de tension sous charge symétrique est

$$E = I \cdot Z$$
.

Pour la charge asymétrique, la valeur absolue de la chute de tension est la suivante, en admettant comme précédemment que le facteur de puissance de la part triphasée et celui de la part monophasée sont les mêmes:

$$E = I_{\mathcal{A}} \cdot Z + I_{\sim} \cdot Z$$

Les deux chutes de tension devant être identiques, on a

$$I \cdot Z = I_{A} \cdot Z + I_{\sim} \cdot Z$$

En remplaçant les courants par les puissances, il

$$P = P_{\mathcal{A}} + \sqrt{3} \cdot P_{\sim}$$
.

Enfin, en introduisant x et y, on a

$$y = 1/3$$
,

c'est-à-dire qu'au point de vue de la chute de tension, le branchement en monophasé équivaut à un branchement triphasé d'une valeur égale à 1,7 fois celle du branchement en monophasé.

c) Mesures de tarification.

Une machine branchée en monophasé sollicite donc les installations de distribution de l'énergie comme le ferait une charge triphasée 1,25 fois resp. 1,7 fois supérieure à la puissance monophasée.

Si l'abonné doit indemniser le fournisseur d'énergie à cause de ce surcroît de sollicitation occasionné par le branchement en monophasé, il faut augmenter en conséquence la part du prix de l'énergie qui dépend des frais fixes des installations de production et de distribution. Il faut toutefois tenir compte du fait que ce surcroît de sollicitation diminue à mesure que l'on se rapproche de la source d'énergie, car le rapport entre la charge en monophasé et la charge triphasée diminue également. En pratique, ce surcroît de sollicitation dû à la charge en monophasé est presque sans importance pour le côté haute tension du réseau. L'augmentation de la part des frais fixes déterminant le prix de l'énergie n'est donc déterminée que par la part des frais fixes afférante aux sous-stations de transformateurs locales et aux réseaux locaux; la part des sous-stations doit alors être augmentée de 1,25 fois et celle des réseaux locaux de 1,7 fois. Dans de nombreux cas, la part des frais fixes des installations de distribution doit être payée par l'abonné sous forme de taxe fixe, de sorte que le surcroît de sollicitation peut être compensé par un supplément à cette taxe de base. En supposant que la part de la taxe de base des sous-stations de transformateurs et des réseaux de distribution soit pour les unes et les autres de 1/4 de la taxe de base, il y aurait lieu d'augmenter la taxe de base de

$$\frac{1}{2} + \frac{1}{4} \cdot 1,25 + \frac{1}{4} \cdot 1,7 = 1,24$$
 fois,

en cas de branchement d'une machine à souder monophasée.

Ces chiffres sont toutefois un peu trop faibles, car l'examen de l'influence des charges en monophasé partait de la supposition qu'un transformateur peut être également chargé asymétriquement jusqu'à atteindre ses pertes à pleine charge. Dans le cas le plus défavorable, lorsque le transformateur ne peut être chargé asymétriquement que jusqu'à ce que le courant de pleine charge soit atteint sur l'une des phases, on peut raccorder une puissance triphasée égale à 1/3 fois la puissance monophasée. En partant de cette supposition, la taxe de base pour charge en monophasé est de $0.5\pm0.5\cdot1.7 = 1.35$ fois la taxe de base pour la charge triphasée. Si l'on admet en outre que tous les frais fixes participent au surcroît de sollicitation, le supplément à la taxe de base doit alors être de 1,7 fois cette taxe.

Le branchement en monophasé occasionne en outre 1,25 fois environ plus de pertes qu'un branchement triphasé de même puissance. Si l'installation de l'abonné est raccordée en monophasé et si celui-ci doit rembourser les frais dus à ces pertes de 25 % supérieures, on en tiendra compte dans l'établissement des tarifs. En pratique, on ne doit compter que sur une augmentation des pertes dans le cuivre des transformateurs locaux, car la charge en monophasé n'augmente pas toute la part des pertes dépendant du courant, depuis la source d'énergie jusqu'au consommateur, de 25 % (voir figure 7) et qu'en outre les pertes dans les lignes sont faibles. En admettant que les pertes dans le cuivre des transformateurs locaux atteignent le 4% de la charge, les prix de consommation devront être augmentés de 0,25 · 0,04 == 1 º/o. Cette faible augmentation du prix du courant consommé peut être négligée, car les transformateurs de soudure ne travaillent généralement que pendant une courte durée.

En résumé, si le surcroît de sollicitation du réseau triphasé occasionné par les transformateurs de soudure doit être considéré dans le prix de l'énergie, la taxe de base pour la charge triphasée normale doit être augmentée de 24 %, au maximum de 70 %, ce dernier chiffre n'entrant toutefois en vigueur que pour les réseaux fortement chargés, c'est-à-dire presque complètement chargés pendant la soudure.

Le surcroît de sollicitation des installations de distribution des centrales dû à des transformateurs de soudure monophasés n'est pas très important; aussi, en vue de gagner de nouveaux abonnés, ces transformateurs de soudure devraient-ils être également alimentés aux tarifs normaux, sans supplément ou du moins avec un petit supplément seulement.

5° La puissance installée des machines de soudure.

La puissance installée en kVA d'une machine à souder, puissance qui influe sur la détermination du prix de l'énergie (par exemple pour l'établissement du prix de base, de la garantie minimum, etc.) est encore actuellement indiquée d'une façon plus ou moins arbitraire par les fabricants de ces machines. Les uns indiquent comme puissance installée la puissance absorbée en régime permanent, les autres la puissance absorbée pendant diverses durées d'enclenchement relatives, mais sans spécifier toutefois cette durée²). Il arrive également que certains fabricants indiquent volontairement sur la plaque signalétique une puissance raccordée plus faible, afin de pouvoir lutter contre leurs concurrents. Le tableau IV montre à quel point

Tableau IV.

	Puissances indiquées sur les trans- formateurs de soudure, en % de la								
Fabrication	plus grande puissance absorbée possible	plus grande puissance de soudure possible	charge pri- maire admis- sible en régime permanent						
1	86	56	170						
2	62	50	240						
3	58	38	220						
4	60	33	160						
	1								

peuvent varier les indications mentionnées actuellement sur les plaques signalétiques des transformateurs de soudure par exemple. Le tableau IV indique les valeurs mentionnées en kVA sur les plaques signalétiques de divers types de transformateurs en pour-cent de la puissance absorbée et de la puissance de soudure au secondaire maxima possibles, ainsi que de la puissance absorbée à la charge admissible en régime permanent. Les centrales ont donc tout intérêt à ce que la puissance installée des machines de soudure soit définie nettement, de sorte qu'elle puisse être contrôlée en tout temps et sans difficulté. En outre, la définition de la puissance installée des machines de soudure doit correspondre avec celle des autres

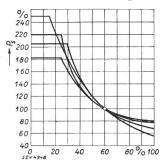
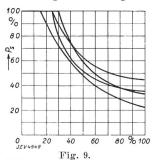


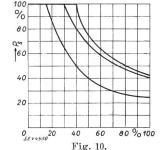
Fig. 8.

Puissance absorbée, en % de la puissance admissible en régime permanent pour une durée d'enclenchement relative de 60 %, de transformateurs de soudure de diverses provenances.

récepteurs d'énergie (moteurs, etc.). Enfin, la puissance installée devrait fournir une indication sur la puissance maximum absorbée du réseau, ce qui n'est actuellement possible que par des mesures, dans le cas des transformateurs de soudure compensés (voir tableau IV).

La puissance installée des moteurs ordinaires correspond en général à la charge maximum possible en régime permanent. Pour les machines à souder à l'arc non-automatiques qui entrent seules ici en ligne de compte, la charge permanente maxi-





Puissance apparente absorbée, en % de la plus grande puissance absorbée possible, de transformateurs de soudure de diverses provenances.

Puissance apparente absorbée, en % de la plus grande puissance absorbée possible, de groupes convertisseurs de différents types.

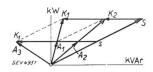
mum pratiquement possible s'entend pour une durée d'enclenchement relative de 50 à 60 % environ. La puissance nominale pour cette durée d'enclenchement pourrait être considérée comme puissance installée. Un simple contrôle de la puissance installée ne serait toutefois pas possible. En outre, cette indication ne donnerait aucune précision sur la charge maximum absorbée du réseau, car il n'existe aucune relation bien déterminée entre la puissance nominale pour une certaine durée d'enclenchement et la plus forte charge possible (voir figure 8).

Par contre, si la puissance installé est définie comme étant une certaine partie de la puissance de soudure absorbée pour le plus fort courant de

²⁾ La puissance nominale est déterminée par l'échauffement admissible de la machine et dépend donc de son régime. Il est ainsi possible d'indiquer différentes puissances nominales pour une même machine (cf. les prescriptions allemandes). L'indication d'une puissance sans spécifier le régime de la machine à souder n'équivaut pas à une puissance nominale; elle caractérise seulement la valeur du raccordement. Cette indication de la puissance mérite plutôt l'appellation de puissance installée.

soudure possible, il est facile de déterminer la plus grande puissance absorbée possible, en procédant à une mesure du courant avec circuit de soudure court-circuité et calculer ainsi la puissance installée et la vérifier. Les puissances apparentes absorbées en pour-cent des plus grandes puissances absorbées possibles pour différentes durées d'enclenchement sont relevées dans les figures 9 et 10, pour des transformateurs et des groupes convertisseurs de diverses provenances et grandeurs. Ainsi, pour une durée d'enclenchement d'environ 60 %, la puissance absorbée est en moyenne d'environ le 50 % de la plus grande puissance apparente possible. La puissance installée peut donc être définie comme suit: La puissance installée en kVA d'une machine de soudure qui détermine le prix de l'énergie est égale à 50 ou 60 % de la puissance apparente absorbée pour le plus fort courant de soudure pos-

Dans l'intérêt des fournisseurs d'énergie, cette définition permet en outre de traiter d'une manière plus favorable les transformateurs de soudure compensés avec une puissance de condensateurs plus grande, mais par ailleurs identiques. La figure 11 montre que, selon la définition proposée, un transformateur d'une puissance de soudure S compensé par une puissance de condensateurs K₁ présente une puissance installée A₁, tandis que



- Fig. 11.
 Puissance de soudure
 maximum.
 Puissance de soudure pour
 une durée d'enclenchement
 de 60 % environ.
 Puissance des condensateurs. K
- teurs. Puissance installée. A

cette dernière est de A₂ pour une puissance de condensateurs K2. Si la puissance installée était déterminée pour une certaine durée d'enclenchement, par exemple à la puissance de soudure s, le transformateur de soudure avec le plus petit condensateur K2 ne présenterait également que la puissance raccordée K1, tandis que le transformateur de soudure avec le plus grand condensateur K₁ présenterait même la puissance installée plus grande A₃. Enfin, la puissance installée ainsi définie permet de déterminer sans difficulté le dimensionnement nécessaire de l'installation.

(Traduction M. Lacher, Genève.)

Ueber einige neuere Konstruktionen und Entwicklungsarbeiten am Kaltkathodenstrahl-Oszillographen.

Von G. Induni, Zürich. (Mitteilung aus dem Laboratorium der Firma Trüb, Täuber & Co. A.-G., Zürich.)

621.317.755

Wie unsere Leser wissen, kaufte der SEV im Jahre 1926 einen Dufourschen Kathodenstrahloszillographen und beauftragte Herrn Dr. K. Berger als Versuchsingenieur mit der Weiterentwicklung dieses Apparates und mit Untersuchungen über die Natur der Ueberspannungen in elektrischen Anlagen; Ziel dieser Arbeiten war, die Betriebssicherheit der Hochspannungsanlagen zu erhöhen, im besonderen Mittel ausfindig zu machen, welche sie gegen Ueberspannungen atmosphärischen oder inneren Ursprungs schützen. Der vom Vorstand des SEV eingesetzte Ausschuss zur Leitung dieser Arbeiten wurde im Jahre 1930 auf breiterer Basis in die «Verwaltungskommission für den Kathodenstrahloszillographen» mit dem «Arbeitskomitee», beide unter dem Vorsitz des verstorbenen Herrn Dr. K. Sulzberger, übergeführt.

Der Versuchsingenieur entwickelte den Dufourschen Oszillographen in den Werkstätten des SEV und später auch mit der Firma Trüb, Täuber & Cie. A.-G., Zürich, welche die Ausführung übernommen hat, zu einem industriell brauchbaren Apparat, mit dem im Laufe der Jahre bemerkenswerte Resultate, besonders auf dem Gebiet der Gewitterforschung, der Kurzschluss- und Erdschluss-Erscheinungen und der Prüfung von Ueberspannungsschutzapparaten erzielt wurden. Ueber alle diese Arbeiten, z. T. auch über die Weiterentwicklung des Oszillographen wurde im Bulletin des SEV laufend berichtet. Im folgenden werden nun die ersten, für den Verkauf bestimmten, fabrikmässig hergestellten Ausführungen beschrieben. - Die Redaktion.

1. Einleitung.

Das wachsende Interesse, welches die Industrie und die Forschung dem Kaltkathodenstrahl-Oszillographen in neuerer Zeit entgegenbringen, bedingte nicht nur eine Entwicklung dieses Apparates im Sinne grösserer Leistungsfähigkeit, sondern auch in konstruktiver Richtung. Hierüber, besonders über die Entwicklung einiger wichtiger Einzelteile, wurde an dieser Stelle schon berichtet (siehe Fussnote 1) auf Seite 688). Es scheint heute an-

Comme nos lecteurs le savent déjà, l'ASE fit en 1926 l'acquisition d'un oscillographe cathodique Dufour et chargea M. K. Berger, ingénieur, de développer cet appareil et d'étudier la nature des surtensions dans les installations électriques. Le but de ces travaux était d'augmenter la sécurité d'exploitation des installations à haute tension et, en particulier, de trouver des moyens pour les protéger contre les surtensions d'origine atmosphérique ou interne. Le comité nommé par l'ASE pour diriger ces travaux fut élargi en 1930 et transformé en la «commission d'administration des travaux avec l'oscillographe cathodique (KOK)», avec son «comité d'action», présidés les deux par le regretté M. K. Sulzberger.

L'ingénieur chargé des essais développa l'oscillographe Dufour dans les ateliers de l'ASE, puis plus tard en collaboration avec la maison Trüb, Täuber et Cie S. A., Zurich, qui en a repris l'exécution, pour en faire un appareil industriel pratique qui permit peu à peu d'obtenir des résultats remarquables, en particulier dans le domaine de l'électricité atmosphérique, des phénomènes de court-circuit entre phases ou à la terre, ainsi que des essais d'appareils de protection contre les surtensions. Ces travaux et aussi en partie les perfectionnements de l'appareillage ont été relatés dans le Bulletin de l'ASE. Dans l'article ci-dessous l'auteur décrit les premiers appareils de fabrication industrielle, destinés à la vente. — La rédaction.

gezeigt, die interessierten Kreise einmal über die fertigen Konstruktionen und ganzen Apparate zu orientieren, weil bei diesen die speziell durch die jeweilige Problemstellung gestellten Forderungen berücksichtigt wurden. Die Lösung der gestellten Probleme konstruktiver Natur war nicht nur durch die Anpassung an den Verwendungszweck geboten, sondern auch durch die Forderung einer fabrikationsmässigen, preiswerten Herstellung der Apparate gegeben. Nicht zuletzt war auch die